

ботки металлов давлением [Текст]: 4-е изд., перераб. и доп. / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с. **6.** Шофман, Л.А. Теория и расчет процессов холодной штамповки [Текст] / Л.А. Шофман. – М.: Машиностроение, 1964. – 375 с. **7.** Валиев, С.А. Комбинированная глубокая вытяжка листовых материалов [Текст] / С.А. Валиев. – М.: Машиностроение, 1973. – 176 с. **8.** Поуп, Бэрри. Расчет усилий глубокой вытяжки при повышенных температурах и различных условиях трения. – Пер. с англ. – Конструирование и технология машиностроения, 1973, № 3. – С. 234 – 244. **9.** Пневмоударная и статикодинамическая штамповка сложнорельефных листовых деталей упругими средами: монография [Текст] / Е.А. Фролов, А.Я. Мовшович, И.В. Манаенков и др. – Харьков: УкрГАЗТ, – Краматорск: ДГМА. Изд. Центр НТУ «ХПИ», 2010. – 286 с. **10.** Смирнов-Аляев, Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию [Текст] / Г.А. Смирнов-Аляев. – М.–Л.: Машгиз, 1961. – 463 с. **11.** Чань Кобаяси. Влияние анизотропии и параметров упрочнения на распределение напряжений и деформаций при глубокой вытяжке [Текст]: пер. с англ. / Чань Кобаяси // Конструирование и технология машиностроения. – № 4. – 1966. – С. 117 – 123. **12.** Павлов, И.М. Физические условия пластической деформации в аспекте некоторых общих соотношений движения и трения [Текст] / И.М. Павлов. // – Изв. АН СССР. Металлы, 1965, № 3. – С. 1245 – 1253. **13.** Исаченков, Е.И. Контактное трение и смазки при обработке металлов давлением [Текст] / Е.И. Исаченков. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с. **14.** Контактное трение в процессах обработки металлов давлением [Текст] / А.Н. Леванов, В.Л. Колмгоров, С.П. Буркин и др. – М.: Машиностроение, 1976. – 416 с.

Надійшла до редколегії 10.10.2012

УДК 621.983.044

**Теоретические исследования напряженного состояния при глубокой вытяжке деталей из коррозионноустойчивых сталей с диффузионным покрытием / Фролов Е. А., Носенко О. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 46(952). – С. 123-131. – Бібліогр. 14 назв.**

У статті на підставі проведених теоретичних досліджень отримано аналітичні вирази значень та параметрів для визначення полів напружень процесу глибокої витяжки деталей з використанням дифузійних мідних покриттів на заготовки з корозійностійких нержавіючих сталей. Отримані результати можуть бути використані для проведення розрахунків при розробці технологічних процесів.

**Ключові слова:** корозійностійка нержавіюча сталь, дифузія, покриття витяжка, напруження, інтенсивність деформацій, питомий тиск.

In the article based on the presented theoretical research the value and parameters analytical forms for calculation of stress fields for the process of parts deep drawing with the usage of diffusive copper coatings for blank parts made of corrosion-proof stainless steels are obtained. The obtained results can be used for calculations during development of manufacturing processes.

**Keywords:** corrosion-proof stainless steel, diffusion, coating, deep drawing, tensions, strain intensity, specific pressure.

УДК 621.778.5

**В. А. ХАРИТОНОВ**, канд. техн. наук, проф., МГТУ, Магнітогорск

**М. В. ЗАРЕЦКИЙ**, доц., МГТУ, Магнітогорск

**Л. М. ЗАРЕЦКИЙ**, канд. техн. наук, директор ООО «АрМон», Магнітогорск

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПРЕФОРМАЦИИ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В НЕПОЛНОМ СЛОЕ ПОВИВА КАНАТА**

Сформулирована проблема предельной скорости деформации при интенсивной преформации проволок, требующих точного позиционирования. Выработана методика расчета скорости деформации, предложено с учетом дополнительных факторов инженерное решение, гарантирующее достижимость положительного решения.

**Ключевые слова:** арматурный канат, свивка, интенсивность деформации, предельная скорость деформации, деформационный нагрев, двухэтапная преформация.

**Вступление.** В предшествующих работах [1, 2] нами рассматривалась задача предварительной деформации (преформации) проволок при изготовлении нового продукта – трехгранного пластически обжатого арматурного каната конструкции 1+6+3 с периодическим профилем поверхности проволок.

© Харитонов В. А., Зарецкий М. В., Зарецкий Л. М., 2012

Результатом данных работ стала методика расчета радиуса кривизны проволок при преформации, обеспечивающего при упругой разгрузке проволоки при снятии действующих на нее извне усилий радиус ее кривизны, строго соответствующий таковому при нахождении проволоки на заданном месте в структуре каната.

Важность корректного решения этой задачи обусловлена нестандартной конфигурацией каната, которая предъявляет беспрецедентно высокие требования к устойчивому позиционированию проволок в канате – применительно как к взаиморасположению проволок в сечении, так и к угловому положению каждой отдельно взятой проволоки, которая должна иметь поверхностный контакт со смежными проволоками и периодический профиль на наружной поверхности.

**Анализ литературы.** Подробное описание таких классических операций послесвивочной обработки, как рихтовка или ложное кручение свитого каната, рассмотрено в работах [3, 4]. Для большинства типовых канатов, состоящих из круглых проволок и потому не предъявляющих никаких требований к их угловому положению, эти операции за счет сглаживания пиковых напряжений успешно решают более простые задачи устойчивого взаимного позиционирования проволок. Нетиповая конфигурация предложенного каната исключает возможность применения этих операций.

Для данного каната классические способы обработки привели бы к нарушению взаимоположения проволок и смещению в более компактную квазикруглую структуру, в которой три «лишние» проволоки второго, неполного слоя повива расположены друг возле друга. Такое изменение конструкции приведет к потере как основной отличительной особенности – очень высокого сцепления каната с бетоном, так и структурной целостности и, соответственно, нераскручиваемости и высокой релаксационной стойкости, что неприемлемо даже в тех конструкциях, где высокое сцепление не является критичным.

Таким образом, преформация при изготовлении трехгранного арматурного каната заменяет совокупность операций преформации и рихтовки при изготовлении типовых спиральных канатов аналогичного назначения – арматурных канатов К7.

А отсюда следует не только большая важность операции преформации для трехгранного арматурного каната, но и большая относительная деформация металла при ее осуществлении. Ведь в то время, как после свивки классического арматурного каната К7 допустимо наличие в проволоках значительного остаточного момента отдачи, впоследствии устраняемого многократным изгибом в рихтовках, проволокам трехгранного арматурного каната необходимо уже в преформаторе придать нужный радиус кривизны – соответственно, получаемый при прохождении преформатора радиус кривизны меньше, чем при преформации канатов К7 с аналогичным диаметром проволок.

С учетом того, что очень высокое сцепление трехгранного арматурного каната позволяет увеличивать шаг свивки относительно каната К7 с аналогичным диаметром проволок, вырастает не только величина деформации (особенно применительно к проволокам второго слоя повива), но и линейная скорость движения проволоки по преформатору при сохранении скорости вращения канатовьющей машины.

**Цель статьи.** Определение возможности эффективной преформации при фактически применяемых режимах свивки.

**Теоретическое исследование.** Для достижения поставленной цели должны быть решены две новые задачи технологического характера.

Во-первых, необходимо определить, не приведет ли высокая скорость изгиба упрочненной деформацией высокоуглеродистой проволоки к ее разрушению в преформаторе.

Во-вторых, необходимо определить, не окажется ли выделяющаяся при интенсивной деформации металла в преформаторе теплота настолько велика, что промышленный процесс станет технологически неосуществим на экономически оправданных скоростях.

Для решения первой из этих задач необходимо оценить фактическую интенсивность деформации в единицу времени и сравнить ее с предельно допустимой скоростью деформации.

Деформация определяется нами по расчетным относительным удлинением, распределение которых по сечению проволоки рассчитывалось нами в предыдущих работах [1, 2]. Поперечные деформации стержня круглого сечения при пластическом изгибе рассматривались во многих источниках, например [5].

Таким образом, мы получаем численную оценку деформации. Для привязки ее ко времени вычисляем линейную скорость движения проволоки по преформатору.

Линейная скорость движения проволоки по преформатору задана технологически – заложенным в технические условия шагом свивки каната и конструктивно заданной скоростью вращения ротора канатовьющей машины, снизить которую возможно, но нежелательно по экономическим соображениям.

Скорость вращения ротора канатовьющей машины, используемых в линиях производства стабилизированных арматурных канатов, составляет 750-900 об/мин.

Для последующего расчета берем шаг свивки и средний радиус первого и второго слоев повива трехгранного арматурного каната, из них вычисляем длину проволоки на шаге свивки. Из этих данных получаем интенсивность деформации в единицу времени.

В известных авторам источниках предельная скорость деформации углеродистой стали при деформации изгибом не рассматривалась. Однако существуют аналогичные данные для процесса волочения, например [6], которыми с некоторой степенью условности можно руководствоваться.

В нашем случае максимальная интенсивность деформации при изгибе в крайних волокнах проволоки второго слоя повива выше предельно допустимой (по меркам процесса волочения), однако в среднем по сечению скорость деформации ниже допустимой. Деформация же крайних волокон при изгибе может значительно превышать таковую для волочения без нарушения целостности изделия.

Это позволяет рассчитывать, что и превышение предельно допустимой по меркам волочения скорости деформации при изгибе не повлечет разрушения проволоки, однако для точных оценок в дальнейшем потребуются экспериментальные данные о предельной скорости деформации именно для процесса изгиба.

Вторая из рассматриваемых задач также связана со скоростью деформации. Зная интенсивность деформации в единицу времени, мы можем деформационный нагрев проволоки и передачу ее тепла роликам преформатора. Исходя из заданного технологическими параметрами свивки диаметра роликов и конструктивных возможностей преформатора по отводу тепла, рассчитываем способность преформатора отвести тепло роликов за счет теплового излучения, теплоотдачи окружающему воздуху и теплопередачи другим, более массивным частям канатовьющей машины через соединения, не повышая температуру подшипников преформатора до уровня, вызывающего нарушение их смазки.

Решение второй задачи лежит преимущественно в плоскости конструктивных решений – преформатор изготавливается в виде набора массивных венцов, а подшипники выносятся из роликов в их опоры с целью максимального увеличения диаметров осей как несущих конструкций и элементов теплопередачи. Как показывает практика, данное решение является исчерпывающим для проблемы нагрева роликов преформатора.

В случае же экспериментально подтвержденного повреждения угловых проволок трехгранного арматурного каната из-за чрезмерной скорости преформации возможны два решения.

Во-первых, допустимо, хотя и экономически невыгодно сугубо технологическое решение возникающих проблем – снижение скорости вращения ротора машины и связанное с этим пропорциональное уменьшение скорости всех остальных процессов, так и

конструктивное решение – придание проволокам необходимого радиуса кривизны в два или несколько этапов преформации.

Второе решение достигается конструктивно и позволяет сохранить максимальную для остальных составляющих технологии и возможностей машины производительность; оно неочевидно из-за того, что ранее не применялось ввиду отсутствия необходимости, но вместе с тем чрезвычайно просто. Преформация проволок каната при необходимости распределяется на два этапа, т.е. две отдельные операции гибки, реализуемые двумя последовательно расположенными преформаторами. При этом чистовой преформатор предпочтительно выполнять в виде венцовой конструкции, а черновой может быть, в целях удешевления, выполнен планочным.

**Вывод.** Предложенное инженерное решение позволяет гарантированно свести описанные в статье задачи к расчету технологических режимов без снижения производительности.

**Список литературы:** 1. Харитонов В.А. Решение задачи устойчивого позиционирования проволок в неполном слое повива путем расчета и применения рациональных параметров их преформации / В.А. Харитонов, М.В. Зарецкий, Л.М. Зарецкий, Ю.А. Дремин // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – № 42. С. 106 – 112. 2. Харитонов В.А. Расчет деформации изгиба при пластическом обжатии проволоки в неполном слое повива каната с целью точного позиционирования / В.А. Харитонов, М.В. Зарецкий, Л.М. Зарецкий // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2011. – № 47. – С. 104 – 109. 3. Хромов И.В. Натяжение проволоки в процессе упругопластического изгиба в преформаторе / И.В. Хромов // Вестник СевНТУ. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. – Вып. 38: Механика, энергетика, экология. – С. 48 – 52. 4. Хромов И. В. Методика розв'язання типових задач технологічної механіки пружнопластичного стрижня з врахуванням нелінійних властивостей матеріалу / І. В. Хромов // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2009. – № 84. – С. 110 – 119. 5. Федорова М.Ю. Применение вариационного метода М.Л. Качанова в задачах плоского упруго-пластического изгиба стержней: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук: спец. 01.02.04. «Механика деформируемого твердого тела» / М. Ю. Федорова; Санкт-Петербургский государственный университет / – Санкт-Петербург, 1999/ – 126 с. 6. Харитонов В.А. Проектирование режимов высокоскоростного волочения проволоки на основе моделирования / В.А. Харитонов, С.М. Головизнин. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – 117 с.

Надійшла до редколегії 25.10.2012

УДК 621.778.5

**Технологические особенности процесса преформации проволоки для точного позиционирования в неполном слое повива каната / Харитонов В. А., Зарецкий М. В., Зарецкий Л. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 46(952). – С. 131-134. – Бібліогр.: 6 назв.**

Сформульовано проблему граничної швидкості деформації при інтенсивній преформації дротів, які вимагають точного позиціонування. Вироблено методику розрахунку швидкості деформації, запропоновано з урахуванням додаткових факторів інженерне рішення, яке гарантує досягнення позитивного рішення.

**Ключові слова:** арматурний канат, звивання, інтенсивність деформації, гранична швидкість деформації, деформаційний нагрів, двоетапна преформація.

Presents the problem of limiting the rate of deformation in intensive preformation wires that require precise positioning. Developed a method of calculating the rate of deformation is proposed, taking into account additional factors engineering solution that guarantees the reachability of the decisions.

**Keywords:** reinforced rope lay, strain rate, the maximum rate of deformation, deformation heating, two-stage preformation.